

PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN OKSIGEN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

(Design Of Acrylic Acid From Propylene And Oxygen With A Capacity Of 30,000 Tons/Year)

Amalia Ilyas*, S. Ahmad Agil Ali, Setyawati Yani, Zakir Sabara

¹*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5
Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Inti Sari

Proses pembuatan Asam Akrilat dilakukan dengan proses oksidasi dengan katalis padat. Propilen dan Oksigen direaksikan dalam reaktor dengan suhu 350°C dan tekanan 1,49 atm. Reaksi ini berlangsung dalam fasa gas dan reaksi bersifat eksotermis. Produk yang dihasilkan berupa Asam Akrilat sebagai produk utama dan Asam Asetat sebagai produk samping. Pabrik Asam Akrilat ini dirancang dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku Propilen sebanyak 2.561,9972 kg/jam dan Oksigen sebanyak 3.874,0394 kg/jam. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam satuan tahun. Utilitas yang diperlukan terdiri dari air 49.201,8499 kg/jam, daya listrik 369,0448 Kw disuplay dari PLN dengan cadangan generator, bahan bakar 462.869,0053 lb/jam. Pabrik direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten, karena merupakan kawasan industri strategis dengan luas tanah yang diperlukan 10.000 m² dan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 150 Orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah organisasi garis yang dipimpin oleh direktur utama. Modal tetap (fixed capital) yang diperlukan Rp 1,5 triliun dan modal kerja (working capital) sebanyak Rp 676,2 miliar. Biaya produksi (manufacturing cost) Rp 2,1 triliun dan biaya pengeluaran umum (general expenses) Rp 470,4 miliar. Keuntungan sebelum pajak Rp 335,4 miliar dan sesudah pajak Rp 251,6 miliar. Pabrik ini tergolong beresiko rendah dengan Return Of Investment (ROI) sebelum pajak 23 % dan sesudah pajak 17 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak 3,01 tahun dan sesudah pajak 3,65 tahun. Discounted Cash Flow (DFC) 38,71 %, Break Event Point (BEP) 55 % dan Shut Down Point (SDP) 22 %. Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa prarancangan pabrik pembuatan Asam Akrilat dari Propilen dan Oksigen ini layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

Kata Kunci: Asam Akrilat, Propilena, Oksigen, Oksidasi

Key Words : *Acrylic Acid, Propylene, Oxygen, Oxidation.*

Abstract

The process of making Acrylic Acid is carried out by an oxidation process with a solid catalyst. Propylene and oxygen were reacted in a reactor with a temperature of 350°C and

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
amalialiylas88@gmail.com



Journal History

Paper received : 20 Agustus 2023
Received in revised : 25 September 2023
Accepted : 28 Oktober 2023

a pressure of 1.49 atm. This reaction takes place in the gas phase and the reaction is exothermic. The resulting product is Acrylic Acid as the main product and Acetic Acid as a side product. This Acrylic Acid Plant is designed with a capacity of 30,000 tons/year, using 2,561.9972 kg/hour of Propylene and 3,874.0394 kg/hour of Oxygen. The factory is planned to operate continuously for 330 days in units of year. The utilities needed consist of 49,201.8499 kg/hour of water, 369,0448 Kw of electric power supplied from PLN with generator reserves, 462,869.0053 lb/hour of fuel. The factory is planned to be built in Cilegon, Banten, because it is a strategic industrial area with a required land area of 10,000 m² and a total workforce of 150 people. The planned business entity form is a Limited Liability Company (PT) and the organizational form is a line organization led by the main director. The required fixed capital is IDR 1.5 trillion and working capital is IDR 676.2 billion. Production costs Rp 2.1 trillion and general expenditure costs Rp 470.4 billion. Profit before tax was Rp 335.4 billion and after tax was Rp 251.6 billion. This factory is classified as low risk with a Return on Investment (ROI) before tax of 23% and after tax of 17%. The payment period (POT) is 3.01 years before tax and 3.65 years after tax. Discounted Cash Flow (DFC) 38.71%, Break Event Point (BEP) 55% and Shut Down Point (SDP) 22%. Based on the economic evaluation, it can be interpreted that the design of the acrylic acid manufacturing plant from propylene and oxygen is feasible to proceed to the next stage.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan diberbagai bidang, termasuk di sektor industri kimia. Hal ini diharapkan mampu meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri maupun luar negeri jika memungkinkan untuk komoditi ekspor yang dapat meningkatkan devisa negara. Namun saat ini masih banyak mengimpor bahan baku maupun produk-produk suatu industri kimia dari luar negeri salah satunya adalah asam akrilat. Akibat ketergantungan impor ini menyebabkan devisa negara berkurang dan terjadinya ketergantungan pada negara lain, sehingga diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi ketergantungan impor, salah satunya adalah dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Asam Akrilat merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam proses-proses produksi pada industri dan produk-produk konsumen seperti bahan pembuatan polimer, cat, bahan – bahan sintetik dan lain-lain. [1]

Pembangunan pabrik asam akrilat ini, akan menghemat devisa negara dan diharapkan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk pabrik tersebut sebagai bahan baku dan dapat membuka lapangan kerja baru sehingga mengurangi angka pengangguran dan meningkatnya perekonomian masyarakat, khususnya masyarakat yang tinggal disekitar pabrik. pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

Pembuatan asam akrilat dengan proses netralisasi langsung pada dasarnya dibagi menjadi 3 tahap yaitu Asetilene Route, Etylene Cyanohidrin Route, Propylene Oxidation Route. Perbandingan 3 proses tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbandingan proses pembuatan asam akrilat [2]

Parameter	Proses 1	Proses 2	Proses 3
	Asetilene Route	Etylene Cyanohidrin Route	Propylene Oxidation Route
Kondisi			
Operasi:	200°C	50-200°C	280-360°C
P =	138 atm	1 atm	1 atm
T =			
Konversi	85%	30-70%	98,5%
Yield	95-98%	60-70%	80-85%
Katalis	Nikel Bromida dan Copper (II) Bromida	Palladium/Rhenium Chloride	Molibdenum Oxide

Berdasarkan tabel 1 di atas disimpulkan bahwa proses pembuatan asam akrilat dipilih proses oksidasi dengan katalis padat (Asetilene Route) dengan pertimbangan konversi yang diperoleh cukup tinggi yaitu pada tahap satu sebesar 97,50% dan tahap dua sebesar 98,30%. Komposisi yang terdapat dalam bahan baku cukup sederhana sehingga pengendalian proses relatif mudah.

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis, akan tetapi terdapat faktor yang menentukan produksi seperti data perkembangan impor asam akrilat. Data perkembangan impor asam akrilat dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Perkembangan Impor Asam Akrilat di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	6091,04
2018	6758,78
2019	7041,68
2020	7159,19
2021	8054,17

Perhitungan kapasitas pabrik menggunakan persamaan pertumbuhan rata-rata dengan rumus sebagai berikut: [3]

$$A = P \times (1+I)^a$$

Kebutuhan asam akrilat pada tahun 2027 adalah 49.454,54 ton/tahun. Karena sudah ada pabrik yang serupa di Indonesia maka peluang kebutuhan asam akrilat dikali 0,6. Kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan adalah 30.000 ton/tahun.

PROSES PEMBUATAN ASAM AKRILAT

Proses pembuatan Asam Akrilat menggunakan bahan baku propilen dan oksigen dari udara. Pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm udara diumpankan ke *Filter* (F) untuk menyaring kotoran atau debu yang terbawa bersama udara, setelah itu udara dialirkan oleh *Blower* (BL) menuju *Compresor* (C-01) pada tekanan 1 atm agar tekanan gas meningkat dari 1 atm menjadi 4.9 atm. Udara diumpankan ke *Heater* (HE-02) untuk memanaskan udara dari compressor menuju reaktor hingga mencapai temperatur 350°C. Udara yang telah dipanaskan tersebut kemudian dialirkan ke reaktor. Propilene yang disimpan di tangki (T-01) dalam bentuk cair pada temperatur 27°C dan tekanan 12.83 atm dialirkan masuk ke dalam *expansion valve* (EV-01) untuk diturunkan tekanannya menjadi 4.9 atm, kemudian dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-02) sehingga fasenya berubah menjadi gas pada temperatur 350°C. Komposisi reaktan yaitu propilen dan oksigen dengan perbandingan volume 1 : 2. [4]

Reaksi dan kristalisasi terjadi pada satu alat yang sama yaitu reaktor (R-01). Reaktan diumpankan ke dalam *Reaktor* (R) yang merupakan multitube fixed bed reactor. Reaktor yang beroperasi pada tekanan 4.9 atm ini memiliki 2 zona perpindahan panas dikarenakan reaksi yang digunakan pada Reaktor ada 2 reaksi. Reaksi yang pertama harus direaksikan terlebih dahulu setelah itu hasil reaksi pertama dioksidasi pada zona 2.. Zona I digunakan untuk mengkonversi propilen sebesar 97.50 % menjadi akrolein, zona ini beroperasi pada suhu 350 °C. Reaksi yang terjadi pada zona I sebagai berikut : [5]

Reaksi 1 :



Gas akrolein yang terbentuk menuju zona II. Zona ini beroperasi pada suhu 346°C dan pada tekanan 1,49 atm. *Akrolein* yang dihasilkan pada zona I dikonversikan menjadi asam akrilat. Konversi yang terjadi pada reaksi ini sebesar 97,50 %. Reaksi yang terjadi pada zona II sebagai berikut :

Reaksi 2 :

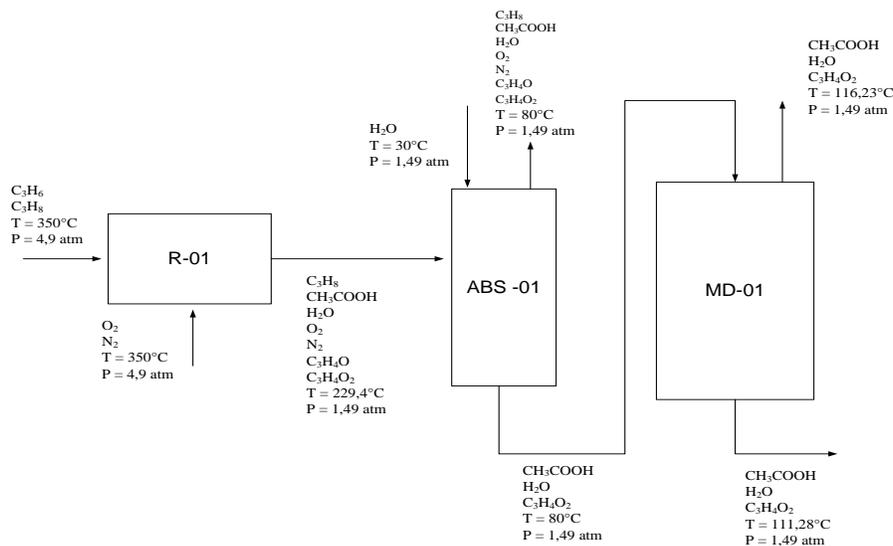


Reaksi diatas bersifat eksotermis, maka digunakan pendingin berupa dowtherm A untuk mencegah reaksi melewati rentang suhu yang diijinkan yakni 350-490°C. [6]

Gas hasil reaksi yang keluar dari *reaktor* (R) terlebih dahulu diturunkan tekanannya dari 4,9 atm menjadi 1,49 atm menggunakan *expansion valve* (EV – 02), karena suhu yang tinggi yaitu 299,4°C dan tekanan 1,49 atm yang kemudian panas tersebut dimanfaatkan sebagai pemanas di *Heater* (HE – 05) yang berguna untuk memanaskan umpan masuk Menara Distilasi (MD), sehingga gas keluaran reaktor suhunya berubah menjadi 299,4°C, setelah itu didinginkan menggunakan *cooler* (CL – 01) dengan menggunakan pendingin air, sehingga suhunya turun menjadi 174,7 °C, karena belum mencapai suhu yang di inginkan jadi didinginkan kembali menggunakan *cooler* (CL – 02) sehingga suhu menjadi 80 °C. Gaskeluaran reaktor yang telah didinginkan akan masuk ke *water absorber* (ABS) lewat bagian bawah kolom sedangkan sebagai penyerapnya adalah air masuk lewat bagian atas kolom. [7]

Asam akrilat dan asam asetat akan terserap sempurna oleh air dan keluar sebagai hasil bawah pada suhu 80°C dan tekanan 1,49 atm. Hasil atas berupa gas sisa reaktan yang akan di buang ke flare dan hasil bawah akan dinaikkan suhunya menggunakan *heater* (HE- 03) sehingga suhunya menjadi 115 °C. Larutan asam akrilat dan sedikit asam asetat yang terbawa pada suhu 115°C dan tekanan 1,49 atm, diumpankan ke dalam sebuah menara distilasi (MD) untuk memisahkan Asam Akrilat dan air. Hasil bawah menara distilasi (MD) adalah produk asam akrilat dengan kemurniaan 99,50 %, sedangkan hasil atas sebagian besar air dengan sedikit kandungan asam akrilat dan asam asetat yang kemudian langsung dialirkan ke Tangki penampungan. Hasil bawah menara distilasi (MD) pada suhu 115°C dan tekanan 1,49 atm diturunkan tekanannya menggunakan *expansion valve* (EV-03) dan menurunkan suhunya menggunakan *cooler* (HE-04) sehingga tekanannya menjadi 1 atm dan suhunya menjadi 30°C. Produk asam akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. [8]

Diagram alir pembuatan asam akrilat dengan proses Asetilene Route dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Asam Akrilat

ANALISA EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik Asam akrilat adalah sebagai berikut :

Faktor-faktor utama yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

a. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)

Hasil perhitungan pada Lampiran E, didapatkan harga $i = 38,71\%$ yang mana lebih besar dari harga i untuk bunga pinjaman yaitu 15% per tahun. Dengan harga $i = 38,71\%$ yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman 15% per tahun.

b. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)

Perhitungan yang dilakukan pada Lampiran E diperoleh waktupengembalian modal minimum adalah $3,65$ tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 9 tahun. [9]

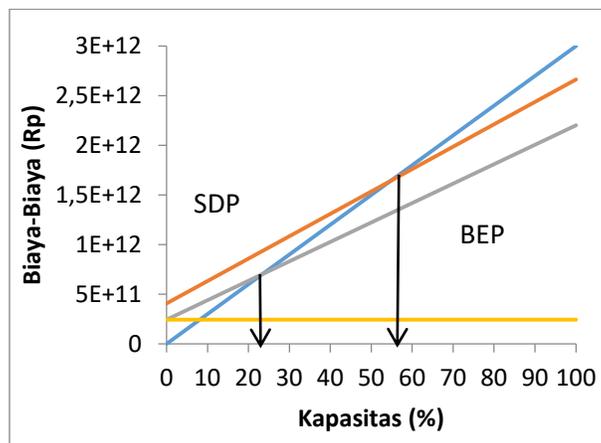
c. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (F_a), Biaya variabel (V_a), *Regulated cost* (R_a) dan biaya total tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi (S_a). Dari perhitungan yang dilakukan pada Lampiran D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 55% .

d. *Shut Down Point* (SDP)

SDP adalah suatu titik atau saat suatu penentuan aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain variabel cost yang terlalu tinggi, atau bisa juga keputusan management akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Dari perhitungan di lampiran E didapatkan nilai SDP = 22% . [10]

Grafik penentuan titik BEP dan SDP pabrik asam akrilat dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2 Grafik *Break Event Point* (BEP)

KESIMPULAN

Kapasitas produksi pabrik asam akrilat yang akan didirikan yaitu 30.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 150 orang dan luas tanah yang dibutuhkan adalah 10.000 m². Hasil analisa ekonomi diperoleh total modal investasi sebesar rp $2.119.885.912.036$, pengeluaran umum sebesar rp $470.431.476.868$, *pay out time* sebesar $3,65$ tahun, *return of investment* sebesar 17% , *break even point* sebesar 55% , *shut down point* sebesar 22% dan *internal rate of return* sebesar $38,71\%$. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pabrik Asam akrilat dari Propilen dan Oksigen layak untuk didirikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana dalam penyusunan prarancangan pabrik kimia. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penyusunan prarancangan pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. York, C. Brisbane, T. Singapore, and G. D. Ulrich, "John Wiley & Sons a Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics".
- [2] "Kirk_outhmer v1 _ Encyclopedia of Chemicalm Technologi, vol 1.pdf."
- [3] "Brown, G.G - Unit Operations.pdf."
- [4] D. Shallcross, "Process Equipment Design," *Chemical Engineering Explained: Basic Concepts for Novices*. pp. 324–346, 2023. doi: 10.1039/bk9781782628613-00324.
- [5] C. Geankoplis, "146254681-Transport-Processes-and-Unit-Operations-Geankoplis-pdf.pdf." p. 938, 1993.
- [6] J. B. Joshi and L. K. Doraiswamy, *Chemical reaction engineering*. 2008. doi: 10.1201/9781420087567-13.
- [7] E. B. Nauman, *AND SCALEUP CHEMICAL REACTOR AND SCALEUP*.
- [8] S. Perry, R. H. Perry, D. W. Green, and J. O. Maloney, *Perry's chemical engineers' handbook*, vol. 38, no. 02. 2000. doi: 10.5860/choice.38-0966.
- [9] J. R. Backhurst, J. H. (John H. Harker, J. F. (John F. Richardson, and J. M. (John M. Coulson, "Coulson & Richardson's chemical engineering, J.M. Coulson and J.F. Richardson. Solutions to the problem in chemical engineering, volume 1," vol. 1, p. 332, 2001.
- [10] M. T. Ipm and M. T. Ipm, *Dr. Ir. La Ifa, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng. Dr. Ir. Nurdjannah, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng.*